



## Effetti sulla salute dei campi magnetici generati dalle linee elettriche: nuovi indizi per un vecchio enigma

Pietro Comba e Lucia Fazzo

### TRE DECENNI DI RICERCHE E ALCUNE QUESTIONI APERTE

Trent'anni fa, Nancy Wertheimer e Ed Leeper<sup>1</sup> pubblicarono il primo rapporto sull'associazione fra tumori in età pediatrica e "configurazione di corrente elettrica" delle abitazioni a Denver, Colorado. Prima di questo studio, la preoccupazione per i campi elettrici e magnetici generati dalla corrente elettrica a 50-60 hertz, ossia a frequenza estremamente bassa ("Extremely Low Frequency" (ELF) per gli autori di lingua inglese), riguardava solo i loro possibili effetti sulla sfera neurocomportamentale, in seguito alla segnalazione di una serie di casi di lavoratori delle sottostazioni elettriche in Unione Sovietica<sup>2</sup>. Lo studio di Wertheimer e Leeper originò numerose ricerche finalizzate a saggiare la cancerogenicità dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche, elettrodomestici e apparati industriali. La prima valutazione complessiva dell'OMS<sup>3</sup> affermava che le segnalazioni di effetti avversi neurocomportamentali, ematologici e cardiovascolari non erano adeguatamente confermate. Al tempo stesso, veniva chiarito che la motivazione per perseguire una appropriata valutazione del possibile impatto sanitario dei campi ELF dipendeva in parte dalla consapevolezza delle grandi dimensioni della popolazione esposta, che giustificava studi ulteriori. Gli "studi di seconda generazione" furono caratterizzati da un notevole affinamento metodologico per quanto riguarda l'accertamento dei casi, la stima dell'esposizione, il controllo dei fattori di confondimento e le dimensioni del campione. Oltre a portare a risultati più validi e precisi, questo importante sforzo scientifico ha consentito di ottenere una maggior comparabilità fra i protocolli adottati, che ha consentito le metanalisi e, risultato ancor più interessante, le rianalisi congiunte (*pooled*) dei dati originali, quantomeno per gli studi sulla leucemia infantile<sup>4-5</sup>. Gli ultimi due lavori citati hanno raggiunto la conclusione che un aumento significativo della leucemia infantile sia osservabile in abitazioni caratterizzate da livelli di induzione magnetica superiori a 0.3-0.4 microtesla ( $\mu\text{T}$ ). La cancerogenicità dei campi ELF è stata valutata nel 2001 dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC), che li ha definiti "possibili cancerogeni per l'uomo" in relazione alla "limitata evidenza" di cancerogenicità delle esposizioni abitative rispetto alla leucemia infantile<sup>6</sup>. Recentemente, una nuova rassegna esaustiva dell'OMS ha confermato la valutazione della IARC, e ha affermato che rimangono alcune questioni aperte rispetto agli effetti non cancerogeni, in particolare malattie neurodegenerative, aborti spontanei, lievi differenze nella tempistica della secrezione della melatonina, controllo autonomo del cuore e alterazioni del numero di cellule *natural killer*, NK<sup>7</sup>.

### CONCENTRARI SULLLE COMUNITÀ ALTAMENTE ESPOSTE

In questo quadro, c'è un aspetto che va affrontato con particolare attenzione: diversi autori e gruppi di lavoro hanno raccomandato di svolgere gli studi ulteriori sui possibili effetti a lungo termine dei cam-

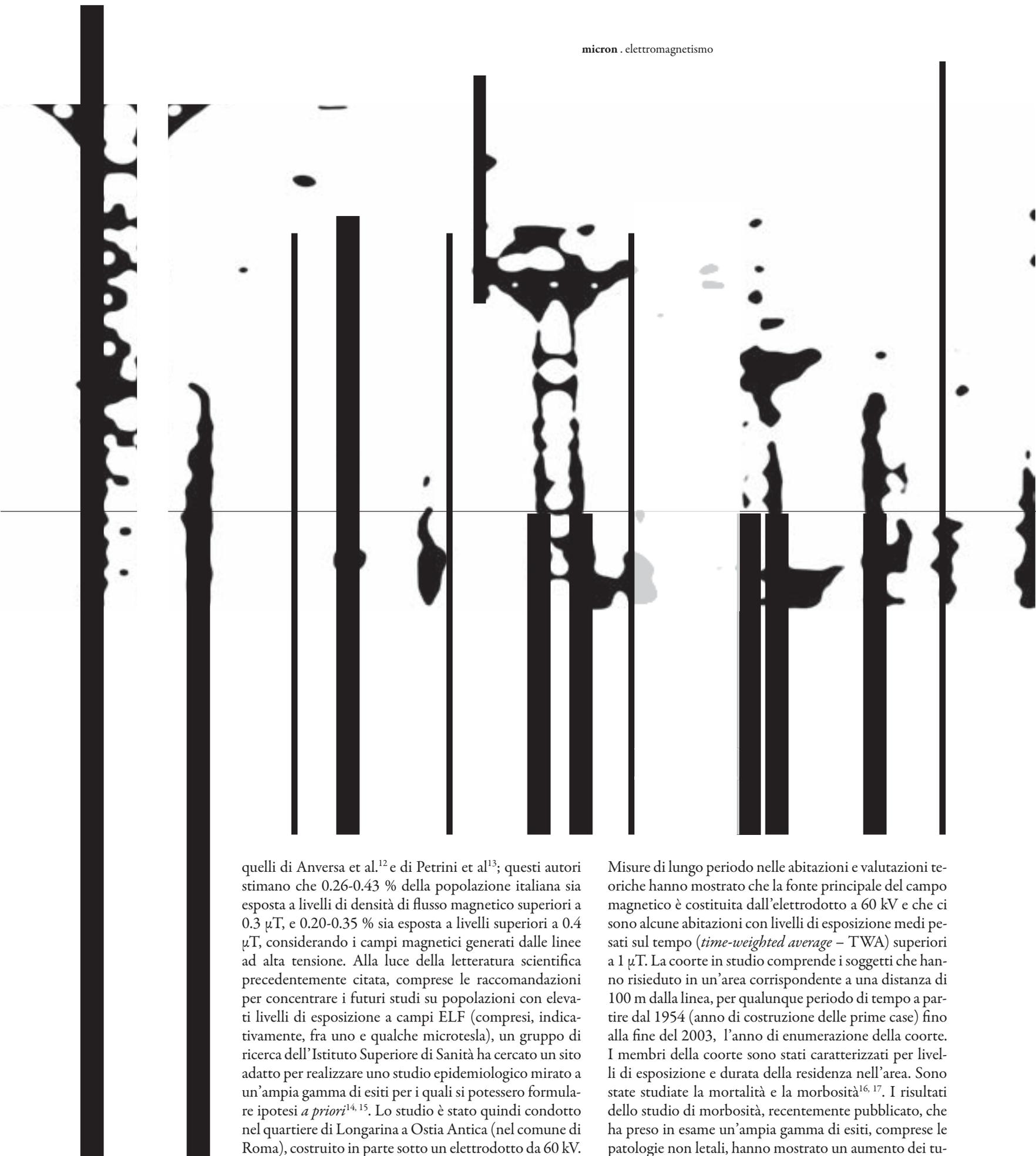
pi magnetici, concentrandosi su popolazioni che esperiscano elevati livelli di esposizione.

In primo luogo, gli autori delle analisi *pooled* degli studi sulla leucemia infantile precedentemente citati hanno sottolineato la necessità di pianificare i futuri studi in modo da osservare un numero sufficientemente elevato di soggetti esposti a livelli di densità di flusso magnetico superiori a 0.3-0.4  $\mu\text{T}$  (4,5). Successivamente, la Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni non Ionizzanti (IC-NIRP) ha raccomandato che gli studi futuri siano di elevata qualità metodologica, di dimensioni adeguate e con un numero sufficiente di soggetti altamente esposti<sup>8</sup>. Infine, il recente documento dell'OMS<sup>7</sup> menziona la mancanza di un chiaro confronto fra categorie ad alta e bassa esposizione come uno dei punti critici negli studi epidemiologici sui campi elettrici e magnetici. È interessante notare che un supporto alla raccomandazione di concentrarsi sui gruppi altamente esposti è stato fornito dai risultati di studi relativi a malattie neurodegenerative e a esiti di tipo riproduttivo e immunologico, che indicano possibili effetti avversi a livelli di esposizione dello stesso ordine di grandezza di quelli suggeriti dagli studi sulla leucemia infantile<sup>7-9</sup>.

Si può ritenere che queste considerazioni fra loro coerenti convergano su uno dei concetti chiave dell'epidemiologia, la nozione dei "gruppi ad alto rischio". La definizione originale proviene dall'epidemiologia occupazionale: "Gruppi di soggetti per i quali è dimostrato, o sospettato, che l'esposizione attuale o pregressa a cancerogeni ecceda i livelli "di fondo", ed è stata successivamente applicata in epidemiologia ambientale dagli scienziati statunitensi che effettuavano indagini sulle popolazioni residenti in prossimità dei siti di smaltimento di rifiuti pericolosi. In quelle circostanze fu dimostrato che gli individui sono esposti a livelli diversi di agenti chimici e la distribuzione dell'esposizione può tipicamente essere descritta come log-normale, mostrando una forma a campana con una forte asimmetria costituita dalla coda destra, con un numero decrescente di soggetti esposti a livelli crescenti dell'agente in esame. A questa distribuzione può essere sottesa una sostanziale assenza di rischio (o un rischio lieve) per la maggioranza della popolazione, mentre una piccola proporzione di soggetti sperimenta livelli di esposizione corrispondenti a quelli cui sono associati effetti avversi certi o sospettati; per una trattazione di questi aspetti, si rinvia alla voce bibliografica<sup>10</sup> e alle fonti ivi citate.

L'esposizione a campi ELF della popolazione generale ha modalità simili. Secondo l'OMS, la media geometrica della densità di flusso magnetico nelle abitazioni è compresa fra 0.025 e 0.07  $\mu\text{T}$  in Europa e fra 0.05 e 0.11  $\mu\text{T}$  negli USA<sup>7</sup>. Sulla base di cinque ampie indagini sull'esposizione, si è stimato che circa il 4-5 % della popolazione generale esperisce esposizioni le cui medie aritmetiche sono inferiori a 0.3  $\mu\text{T}$  e l'esposizione mediana di solo l'1-2 % della popolazione è superiore a 0.4  $\mu\text{T}$ . Stime basate sull'esposizione dei controlli negli studi caso-controllo mostrano che 0.5-7% hanno medie aritmetiche di esposizione superiori a 0.3  $\mu\text{T}$ , e 0.4-3.3 % hanno medie geografiche di esposizione superiori a 0.4  $\mu\text{T}$ <sup>7</sup>. In Italia, i soli dati disponibili sono





quelli di Anversa et al.<sup>12</sup> e di Petrini et al.<sup>13</sup>; questi autori stimano che 0.26-0.43 % della popolazione italiana sia esposta a livelli di densità di flusso magnetico superiori a  $0.3 \mu\text{T}$ , e 0.20-0.35 % sia esposta a livelli superiori a  $0.4 \mu\text{T}$ , considerando i campi magnetici generati dalle linee ad alta tensione. Alla luce della letteratura scientifica precedentemente citata, comprese le raccomandazioni per concentrare i futuri studi su popolazioni con elevati livelli di esposizione a campi ELF (compresi, indicativamente, fra uno e qualche microtesla), un gruppo di ricerca dell'Istituto Superiore di Sanità ha cercato un sito adatto per realizzare uno studio epidemiologico mirato a un'ampia gamma di esiti per i quali si potessero formulare ipotesi *a priori*<sup>14,15</sup>. Lo studio è stato quindi condotto nel quartiere di Longarina a Ostia Antica (nel comune di Roma), costruito in parte sotto un elettrodotto da 60 kV.

Misure di lungo periodo nelle abitazioni e valutazioni teoriche hanno mostrato che la fonte principale del campo magnetico è costituita dall'elettrodotto a 60 kV e che ci sono alcune abitazioni con livelli di esposizione medi pesati sul tempo (*time-weighted average* – TWA) superiori a  $1 \mu\text{T}$ . La coorte in studio comprende i soggetti che hanno risieduto in un'area corrispondente a una distanza di 100 m dalla linea, per qualunque periodo di tempo a partire dal 1954 (anno di costruzione delle prime case) fino alla fine del 2003, l'anno di enumerazione della coorte. I membri della coorte sono stati caratterizzati per livelli di esposizione e durata della residenza nell'area. Sono state studiate la mortalità e la morbosità<sup>16,17</sup>. I risultati dello studio di morbosità, recentemente pubblicato, che ha preso in esame un'ampia gamma di esiti, comprese le patologie non letali, hanno mostrato un aumento dei tu-

mori maligni primitivi e secondari, delle malattie ischemiche ed ematologiche. L'aumento dei tumori maligni primitivi era stato anticipato nello studio di mortalità. In entrambi gli studi, questi aumenti erano concentrati nella subcoorte residente più vicina all'elettrodotto, quindi esposta ai più alti livelli di campo magnetico, e nei soggetti che avevano risieduto nell'area per un tempo più lungo. Un supporto indipendente all'indicazione di studiare le popolazioni altamente esposte viene da alcuni studi comparsi nella letteratura scientifica degli ultimi due anni, successivamente alla pubblicazione del documento dell'OMS<sup>7</sup>.

#### **SVILUPPI DELLA RICERCA E RECENTE DIBATTITO SCIENTIFICO**

Una recente analisi *pooled* degli studi caso-controllo su leucemia infantile e campi magnetici effettuati in quattro paesi (Canada, Germania, Regno Unito, USA) ha confermato l'associazione trovando un aumento di rischio statisticamente significativo (Odds Ratio (OR) = 1.93; intervallo di confidenza al 95% (IC 95%) = 1.11-3.35) nei bambini esposti a campi magnetici a livelli superiori a 0.4  $\mu$ T rispetto a quelli esposti a meno di 0.1  $\mu$ T. L'analisi non ha comprovato l'ipotesi che la misura del campo magnetico nella stanza da letto nelle ore notturne possa fornire una stima dell'esposizione più appropriata di quella basata sulle misure delle 24-48 ore, usata negli studi precedenti<sup>18</sup>.

Alcuni autori hanno suggerito che la suscettibilità genetica alla leucemia possa modificare l'effetto dell'esposizione al campo magnetico, in particolare che questo possa svolgere un ruolo causale nell'eziologia della leucemia in un sottogruppo di bambini geneticamente suscettibili. Mejia-Arangure et al.<sup>19</sup> hanno osservato un aumento significativo della leucemia infantile acuta fra i soggetti con sindrome di Down residenti in edifici con livelli di densità di flusso magnetico superiore a 0.6  $\mu$ T (OR=3.7; IC 95% 1.05-13.3). I ricercatori hanno ipotizzato che i campi magnetici possano agire a livello della promozione o progressione del cancro. L'ipotesi dell'interazione fra genotipo e esposizione ambientale a campi magnetici è stata saggiata in uno studio "*case-only*" su 123 pazienti con leucemia acuta sporadica. I risultati mostrano che la residenza a distanze inferiori ai 100 m da linee elettriche e trasformatori può essere considerata un fattore di rischio per lo sviluppo della leucemia acuta in bambini col genotipo XRCC1Ex9b16A<sup>20</sup>. Questi risultati suggeriscono che modifiche della suscettibilità genetica nei

soggetti vulnerabili possano essere coinvolte nell'effetto dei campi ELF, dato che un danno al DNA inadeguatamente riparato o delle rotture cromosomiche possono in ultima analisi portare all'iniziazione e alla promozione della malattia. Si può affermare che questi studi forniscono nuove evidenze sulla patogenesi della leucemia in bambini esposti a campi magnetici. Inoltre, negli ultimi due anni, sono stati pubblicati alcuni studi sull'esposizione a campi ELF e le patologie non tumorali. Uno studio pubblicato nel 2008 sull'esposizione abitativa al campo magnetico e le malattie neurodegenerative (ipotesi definita dall'OMS come "di alta priorità" per le prossime ricerche), a partire dai dati del registro nazionale, ha mostrato aumenti di rischio per la malattia di Alzheimer nella popolazione svizzera residente entro i 50 m da elettrodotti a 220-380 kV, con una relazione dose-risposta per durata di residenza. Un andamento analogo si riscontra per la demenza senile, ma non si osservano rischi per la malattia di Parkinson e la sclerosi laterale amiotrofica, o SLA<sup>21</sup>. L'aumento di rischio per la malattia di Alzheimer nei soggetti che per motivi abitativi sono esposti a elevati livelli di campi magnetici ELF è stato confermato da Garcia e colleghi in una metaanalisi che considera 14 studi relativi al contesto professionale. L'aumento di rischio viene osservato in modo coerente per i soggetti professionalmente esposti a più di 0.5  $\mu$ T<sup>22</sup>. Uno studio interessante è stato pubblicato nel 2009 sui campi magnetici e le cellule NK, uno dei temi giudicati questioni aperte dall'OMS. Le cellule NK svolgono un ruolo importante nel controllo dello sviluppo del cancro ed è stata ipotizzata una relazione fra l'esposizione a campi ELF ed il loro numero e attività. Lo studio prende in esame lavoratori esposti a diversi livelli di campi ELF; riduzioni significative dell'attività NK e del numero di Unità Litiche sono state osservate nei lavoratori esposti a oltre 1  $\mu$ T rispetto a quelli esposti a meno di 0.2  $\mu$ T.

Gli autori concludono che i loro risultati suggeriscono che l'esposizione professionale a livelli di campi ELF superiori a 1  $\mu$ T possa indurre una riduzione dell'attività NK, in accordo con l'ipotesi che i campi ELF possano agire in relazione alla promozione o progressione del cancro<sup>23</sup>. Mentre gli studi sin qui citati sulla leucemia infantile, le malattie neurodegenerative e la risposta immunitaria forniscono un certo supporto all'indicazione di studiare le popolazioni altamente esposte, la recente letteratura sulle malattie cardiovascolari non offre nuovi spunti. Una rassegna della letteratura di McNamee et al.<sup>24</sup>, basata su studi sia epidemiologici sia sperimentali, definisce l'evidenza attuale come "largamente in-

conclusiva”. L’indicazione dell’OMS di una sostanziale mancanza di associazione fra malattie cardiovascolari e campi magnetici ELF, con la “questione aperta” di una possibile alterazione del controllo autonomico del cuore, rimane la valutazione più accurata. Infine, tre lavori recentemente pubblicati suggeriscono nuovi approcci per studi futuri al fine di chiarire l’impatto sulla salute dei campi magnetici. Il primo lavoro prende in considerazione la natura multifattoriale della cancerogenesi, proponendo uno studio caso-controllo sulla leucemia e il linfoma non-Hodgkin, il cui disegno preveda l’esame delle esposizioni sia professionali che ambientali a un’ampia gamma di potenziali fattori di rischio e di confondimento. Lo studio è attualmente in corso<sup>25</sup>. Il secondo lavoro tratta specificamente la leucemia e indica come prioritario lo studio dei bambini altamente esposti che vivono in appartamenti prossimi a trasformatori costruiti nelle case, o a stanze con equipaggiamento elettrico. Gli autori sottolineano inoltre l’importanza dell’azione congiunta dell’esposizione ambientale a campi ELF e dei cofattori genetici. In particolare, per quanto riguarda l’accertamento dell’esposizione, essi indicano la necessità di identificare i bambini non esposti con una procedura più specifica, in modo da evitare i “falsi negativi”, e di concentrarsi sull’allocazione dei soggetti a diverse categorie di esposizione, piuttosto che ai valori assoluti dei livelli di esposizione<sup>26</sup>. Il più recente articolo, infine, incoraggia l’uso di analisi *pooled* a partire dalle basi di dati di numerosi studi di coorti professionali, piuttosto che dalle meta-analisi dei risultati degli studi. Vengono riconosciute le indicazioni di un accresciuto rischio di alcune patologie associate con l’esposizione professionale a campi ELF, anche se le evidenze sono considerate deboli o incoerenti. L’inappropriata specificazione della metrica di esposizione è considerata una causa di sottostima del rischio. In termini di esito, la SLA è considerata la questione più prioritaria<sup>27</sup>.

#### **TRADURRE I RISULTATI DELLE RICERCHE NELLA PRATICA DI SANITÀ PUBBLICA**

Le ragioni per volere un’accurata rassegna dell’impatto sanitario dei campi magnetici a 50 e 60 Hz, come si è discusso in questo lavoro, sono essenzialmente due: la presenza ubiquitaria e ancora in aumento di linee e installazioni elettriche, e il consolidamento delle evidenze scientifiche in merito a effetti sanitari avversi osservati nei settori altamente esposti della popolazione. I futuri

car  
ELF

studi dovranno quindi prendere in esame questi settori della popolazione, considerare diversi esiti (tutti i tumori, malattie neurodegenerative, malattie immunologiche, specifici effetti cardiovascolari) e seguire protocolli di ricerca che consentano successive analisi *pooled*. Al fine di conseguire con successo questi risultati, il primo passo è collegare l'informazione sulla rete degli elettrodotti con i dati demografici e sanitari su un sistema geografico informatizzato. L'identificazione di "corridoi" spaziali intorno alle linee caratterizzati da livelli stimati di esposizione (ottenuti modellizzando il carico di corrente e le caratteristiche geometriche del conduttore), possono portare a dati di mortalità e morbosità specifici per categorie di esposizione. Un database nazionale di unità amministrative vicine alle linee ad alta tensione è stato realizzato in Inghilterra da Briggs et al.<sup>28</sup>. Gli autori tuttavia hanno usato un raggio di 600 metri su entrambi i lati delle linee, che può implicare notevole diluizione dell'esposizione. Poiché i campi magnetici generati dagli elettrodotti possono determinare un apprezzabile aumento dei livelli di esposizione solo in un corridoio relativamente stretto, che non supera nella maggior parte dei casi i 20-30 metri sui due lati della linea, la possibilità di adottare un disegno di studio microgeografico basato sui dati aggregati richiede l'uso di database ad alta risoluzione. Alternativamente, si potrebbe usare un approccio di coorte, con georeferenziazione delle residenze e accertamento degli esiti sanitari a livello individuale. Sia gli studi ecologici che gli studi di coorte forniscono informazioni su tutti gli esiti sanitari di interesse, mentre gli studi caso-controllo, che prendono in esame un esito, sembrano meno necessari in questa fase. L'approccio che è stato brevemente illustrato richiede l'integrazione di dati ambientali e sanitari, coerentemente con le indicazioni per la ricerca multidisciplinare su ambiente e salute<sup>29</sup>, particolarmente vincolanti per alcuni autori che fanno riferimento alla nozione di "ricerca precauzionale"<sup>30</sup>. Quest'approccio, inoltre, può contribuire all'azione di sanità pubblica promuovendo la sua interazione con la ricerca scientifica: gli operatori di sanità pubblica possono infatti cercare più attivamente popolazioni altamente esposte nelle comunità in cui lavorano, e ai ricercatori può essere chiesto di applicare i loro metodi a siti scelti opportunamente. L'attitudine precauzionale che è stata estesamente raccomandata per rinforzare la sanità pubblica può quindi fornire una cornice per i processi decisionali, nella quale le risorse disponibili per il risanamento ambientale vengano prioritariamente allocate alle situazioni peggiori<sup>31</sup>.

*L'articolo è stato pubblicato sugli Annali dell'Istituto Superiore di Sanità vol 45 n 3 / pg 233-237 e che è riprodotto per gentile concessione.*



## Riferimenti bibliografici

- <sup>1</sup> Wertheimer N, Leeper E. Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am J Epidemiol* 1979;109:273-84.
- <sup>2</sup> Asanova TR, Rakov AM. The state of health of persons working in the electric field of outdoor 400 kV and 500kV switchyards. In: Knickerbocker G (translator). *Study in the USSR of medical effects of electric fields in electric power systems*. (IEEE Special Publ. No. 10) Piscataway, NJ: IEEE Power Engineering Society; 1966. p. 4-5.
- <sup>3</sup> World Health Organization. *Extremely low frequency (ELF) fields*. Geneva: WHO; 1984. (Environ Health Criteria n. 35).
- <sup>4</sup> Greenland S, Sheppard AR, Kaune WT, et al. A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukaemia. *Epidemiology* 2000;11:624-34.
- <sup>5</sup> Ahlbom A, Day N, Feychting M, et al. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *Br J Cancer* 2000;83:692-8.
- <sup>6</sup> World Health Organization. International Agency for Research on Cancer. *Non-ionizing radiation. Part 1. Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields*. Lyon: WHO; 2002. (Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, 80).
- <sup>7</sup> World Health Organization. *Extremely low frequency fields*. Geneva: WHO; 2007. (Environ Health Criteria n. 238).
- <sup>8</sup> Ahlbom A, Cardis E, Green A, et al. Review of the epidemiological literature on EMF and health. In: Mattheus R, McKinlay AF, Bernhardt JH, Vecchia P, Veyret B (Ed.). *Exposure to static and low frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (0-100 kHz)*. Munich: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection; 13/2003. p. 402-80.
- <sup>9</sup> Savitz DA. Health effects of electric and magnetic fields: are we done yet? *Epidemiology* 2003;14:15-7.
- <sup>10</sup> Fazzo L, Comba P. The role of high risk groups in environmental health research. [in Italian]. *Ann Ist Super Sanità* 2004;40:417-726.
- <sup>11</sup> Kheifets L, Afifi AA, Shimkhada R. Public health impact of extremely low-frequency electromagnetic fields. *Environ Health Perspect* 2006;114:1532-7.
- <sup>12</sup> Anversa A, Battisti S, Carreri V, et al. In: Maroni M (Ed.). Power frequency fields, buildings and the general public: exposure levels and risk assessment. In: *Proceedings of the International Conference "Healthy Buildings '95"* University of Milano and International Centre for Pesticide Safety. Milano, 10-14 September 1995. p. 113-26.
- <sup>13</sup> Petrini C, Polichetti A, Vecchia P, et al. Assessment of exposure to 50 Hz magnetic fields from power lines in Italy. In: Hietanen M, Jokela K, Juutilainen J (Ed.). *Proceedings of EBEA 2001. 5th International Congress of the European BioElectromagnetics Association*. Helsinki: EB EA; 2001. p. 139-41.
- <sup>14</sup> Vanacore N, Benedetti M, Conte D, et al. *Multidisciplinary methodological approach to the study of neurobehavioural symptoms associated with exposure to 50 Hz magnetic field*. [in Italian]. Roma: Istituto Superiore di Sanità 2004. (Rapporti Istisan, 04/1).
- <sup>15</sup> Comba P, Fazzo L, Pasetto R. Epidemiological study of population exposed to high levels of 50 Hz magnetic fields. [in Italian]. *Epidemiol Prev* 2005;29 (Suppl. 5-6):28-33.
- <sup>16</sup> Fazzo L, Grignoli M, Iavarone I et al. Preliminary study of cause specific mortality of a population exposed to 50 Hz magnetic fields, in a district of Rome municipality [in Italian]. *Epidemiol Prev* 2005;29:243-52.
- <sup>17</sup> Fazzo L, Tancioni V, Polichetti A, et al. Morbidity experience in populations exposed to 50 Hz magnetic fields. Methodology and preliminary findings of a cohort study. *Int J Occup Environ Health* 2009;15:133-42.
- <sup>18</sup> Schüz J, Svendsen AL, Linet MS, et al. Nighttime exposure to electromagnetic fields and childhood leukemia: an extended pooled analysis. *Am J Epidemiol* 2007;166:263-9.
- <sup>19</sup> Meia-Arangure JM, Fajardo-Gutierrez A, Perez-Saldivar ML, et al. Magnetic fields and acute leukaemia in children with Down Syndrome. *Epidemiology* 2007;18:158-61.
- <sup>20</sup> Yang Y, Xingming J, Chonghui Y, et al. Case-only study of interactions between DNA repair genes (hMLH1, APEX1, MGMT, XRCC1 and XPD) and low frequency electromagnetic fields in childhood acute leukemia. *Leukemia & Lymphoma* 2008;49:2344-50.
- <sup>21</sup> Huss A, Spoerri A, Egger M, et al. Residence near power lines and mortality from neurodegenerative diseases: longitudinal study of the Swiss population. *Am J Epidemiol* 2009;169:167-75.
- <sup>22</sup> Garcia AM, Sisternas A, Perez Hoyos S. Occupational exposure to extremely low frequency electric and magnetic fields and Alzheimer disease: a meta-analysis. *Int J of Epidemiol* 2008;37:329-40.
- <sup>23</sup> Gobba F, Bargellini A, Scaringi M, et al. Extremely Low Frequency-Magnetic fields (ELF-EMF) occupational exposure and natural killer activity in peripheral blood lymphocytes. *Sci Total Environ* 2009;407:1218-23.
- <sup>24</sup> McNamee DA, Legros AG, Krewski DR, et al. A literature review: the cardiovascular effects of exposure to extremely low frequency electromagnetic fields. *Int Arch Occup Environ Health* 2009;82(8):919-33.
- <sup>25</sup> Hoffmann W, Terchüeren C, Heimpel H, et al. Population-based research on occupational and environmental factors for leukaemia and non-Hodgkin's lymphoma: the Northern Germany Leukemia and Lymphoma Study (NLL). *Am J Ind Med* 2008;51:246-57.
- <sup>26</sup> Kheifets L, Oksuzyan S. Exposure assessment and other challenges in non ionizing radiation studies on childhood leukaemia. *Radiat Prot Dosimetry* 2008;132:139-47.
- <sup>27</sup> Kheifets L, D Bowman J, Checkoway H, et al. Future needs of occupational epidemiology of extremely low frequency electric and magnetic fields: review and recommendations. *Occup Environ Med* 2009;66:72-80.
- <sup>28</sup> Briggs D, Abellan JJ, Fecht D. Environmental inequity in England: small area associations between socio-economic status and environmental pollution. *Social Sc & Med* 2008;67:1612-29.
- <sup>29</sup> Jarup L. Health and environment information systems for exposure and disease mapping, and risk assessment. *Environ Health Persp* 2004;112:995-7.
- <sup>30</sup> Grandjean P. Implications of the precautionary principle for primary prevention and research. *Annu Rev Health* 2004;25:199-223.
- <sup>31</sup> World Health Organization. *The precautionary principle: protecting public health, the environment and the future of our children*. Martuzzi M, Tickner JA (Ed.). Copenhagen: WHO; 2004.